

明 細 書

妨害信号検出装置およびこれを用いたOFDM受信装置

技術分野

- [0001] 本発明は、直交周波数分割多重(以下、OFDM)伝送方式の信号受信における妨害信号を検出する妨害信号検出装置およびこれを用いたOFDM受信装置に関する。特に、受信信号が周波数選択性の妨害信号の影響により復調性能が悪化する場合の妨害信号の検出と改善技術に関する。

背景技術

- [0002] 現在、地上放送のデジタル化が実用化されている。OFDM伝送方式は、日本や欧州において地上デジタルテレビジョン放送方式として採用されている。日本の地上デジタルテレビジョン放送におけるOFDM伝送方式は規格として策定されている。上述の規格は、社団法人電波産業会標準規格「地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式、ARIB STD-B31 1.1版」第2章8頁「ISDB-T方式の概要」2～9行目に開示されている。
- [0003] 本発明に関連する従来技術について説明する。OFDM伝送方式は、互いに直交する複数のキャリア(搬送波)にデータを割り当てて変復調を行う。各キャリアは、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)、QAM(Quadrature Amplitude Modulation)、DQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying)などの変調方式により変調される。
- [0004] キャリアの変調方式として、前述のQPSKやQAMといった同期変調方式を採用した場合には、送信信号中にパイロット信号が挿入される。パイロット信号は、周波数方向および時間方向に一定間隔で挿入されている。OFDM信号の復調時に、パイロット信号を用いて伝送路特性の算出を行っている。このパイロット信号から算出した伝送路特性を、周波数および時間方向に補間し、全キャリアに対する基準信号を得ることができる。そして、基準信号に対する振幅差や位相差から送信データ系列を得る。さらに、復調されたデータ系列に、誤り訂正符号処理を行う。
- [0005] 以上により、デジタル放送は、従来のアナログテレビジョン放送と比較して良好な受

信品質が得られる。

- [0006] しかしながら、放送波の受信環境によっては、マルチパスと呼ばれる反射波の影響を受け、特定キャリアの信号レベルの落ち込みが発生することがあり得る。また、同一周波数帯域にアナログテレビジョン放送波などの妨害信号が存在する場合には、妨害信号の影響を受け復調性能が低下することがあり得る。パイロット信号が挿入された周波数位置に、強いマルチパス干渉による信号レベルの落ち込みが発生したり、妨害信号が存在したりする場合があり得る。この場合には、特に、復調時の基準となる伝送路特性に誤推定が生じたりするため、マルチパス干渉や妨害信号が無い場合と比較して復調性能が大きく低下することがあり得る。
- [0007] このため、伝送信号が受けている妨害を検出し、検出した妨害量に応じた重み付け量を算出し、復調信号に重み付け処理をして軟判定を行い、誤り訂正部での誤り訂正能力を向上させる方法が知られている。この従来の構成は、例えば、社団法人電子情報通信学会編、今井秀樹著、「符号理論」、コロナ社、1990年1月出版、第2章 符号理論の基礎概念、2. 4. 3 白色ガウス通信路における最尤復調、37～38頁に開示されている。
- [0008] 妨害信号の検出方法としては、復調された信号を硬判定し、復調された信号と硬判定後の信号との差分を求め、差分値を時間方向に積分し得られ各キャリアの分散情報を用いる方法が知られている。上述の従来の構成は、例えば、特開2001-44965号に開示されている。
- [0009] また、パイロット信号の平均振幅と、各パイロット信号の振幅との誤差を求め、パイロット信号の周波数と一致する妨害の有無を検出する方法も知られている。妨害が存在する場合には、妨害を受けたパイロット信号は使用せず、妨害の無い前後のパイロット信号より補間した値をパイロット信号として代用している。上述の従来の構成は、例えば、特開平11-252040号に開示されている。
- [0010] 以上のように、従来の妨害信号検出装置及びOFDM受信装置では、OFDMキャリアの分散情報から周波数選択性妨害を検出し、誤り訂正処理において利用している。あるいは、パイロット信号の誤差情報をもとに妨害信号の影響を受けたりしたパイロット信号を、妨害の影響を受けていないパイロット信号から補間し得られた信号に

置き換える。これらの方法により、妨害信号による受信性能の低下を防止しようとしている。

[0011] しかしながら、特開2001-44965号に記載の構成のように、復調された信号と硬判定後の信号との差分から妨害信号を検出する場合には、送信点と異なる信号マッピング点と復調信号の差分を計算してしまう可能性があり得る。また、誤推定の影響を低減させるため一定時間に得られるデータの平均化処理を伴うため、瞬時の妨害信号量を求めることは困難であり得る。

[0012] また、特開平11-252040号に記載の構成では、パイロット信号の平均振幅と各パイロット信号の振幅との誤差を検出するため、瞬時に正確な妨害信号量を求めるのが困難であり得る。

発明の開示

[0013] 本発明の妨害信号検出装置は、OFDM信号中に周期的に配置されたパイロット信号をシンボル毎に抽出し、パイロット信号から算出した伝送路特性を示す信号を逆高速フーリエ変換(以下、IFFTと記す)演算し、時間軸の信号に変換する。IFFT演算の結果得られた時間軸の信号に対し閾値を設定し、閾値より大きい値の信号はその値をゼロ(以下、「0」と記す)に置換し、高速フーリエ変換(以下、FFTと記す)演算を行い周波数領域の信号へ変換する。

[0014] 次に、FFT演算により得られた信号の振幅もしくはパワーを算出した後に、時間方向および周波数方向に補間処理を行う。そして、補間後に得られた信号を、OFDM信号帯域内の妨害信号量として、OFDMキャリア毎に算出する。妨害信号量の情報は、OFDM信号の軟判定の際に利用することで、妨害信号を検出し、妨害を含んだ信号の誤り訂正能力を向上させることが可能である。

[0015] なお、OFDM信号の受信性能を向上させる目的で、信号を時間方向および周波数方向に並び替えるインターリーブ処理が行われることがある。この場合には、OFDM信号に対して行われるデインターリーブ処理を、検出した妨害信号にも適用することにより、データと妨害情報を周波数及び時間的に関連づけることが可能である。

[0016] また、本発明の妨害信号検出装置は、妨害情報に加えて、妨害情報を周波数方向に平均した値を、OFDM信号帯域全体に含まれる妨害信号量として利用してもよい

。この構成によれば、さらに妨害信号を検出し、妨害を含んだ信号の誤り訂正能力を向上させることが可能である。

[0017] また、本発明の妨害信号検出装置は、IFFT演算の直前およびFFT演算の直後の信号に、窓関数を乗ずる処理を追加してもよい。窓関数の導入により、さらに、IFFT演算の結果得られる時間軸の信号に対して閾値処理を行う場合に、閾値の設定範囲を広くすることが可能となる。

[0018] 本発明の妨害信号検出装置は、IFFT演算部と、閾値処理部と、FFT演算部と、減算処理部(以下、単に減算部とも記す)と、妨害検出部とを備えている。IFFT演算部は、パイロット信号から算出した伝送路特性をIFFT演算する。閾値処理部は、IFFT演算部によるIFFT演算結果として得られる時間軸の信号を閾値と比較し、時間軸の信号が閾値を下回る場合には値を「0」に置換する。FFT演算部は、閾値処理部にて処理した信号に対しFFT演算を行い周波数軸の信号へと変換する。減算処理部は、パイロット信号から算出した伝送路特性の信号からFFT演算部より得られる周波数軸の信号を減算する。妨害検出部は、減算処理より得られる信号を時間方向および周波数方向に補間処理し、OFDM信号帯域に加算された妨害信号を算出する。

[0019] この構成により、妨害信号を検出し、妨害を含んだ信号の誤り訂正能力を向上させることが可能である。

[0020] 本発明の妨害信号検出装置は、伝送路推定部と、IFFT演算部と、閾値処理部と、FFT演算部とを備える構成を有している。伝送路推定部は、パイロット信号から算出した伝送路特性を入手し、パイロット信号の配置規則に基づいて時間方向および周波数方向にパイロット信号から算出した伝送路特性の補間処理を行う。IFFT演算部は、伝送路推定部から得られる全てのOFDMキャリアの伝送路特性を示す信号をIFFT演算する。閾値処理部は、IFFT演算部によるIFFT演算結果として得られる時間軸の信号を閾値と比較し、時間軸の信号が閾値を上回る場合には値を「0」に置換する。FFT演算部は、閾値処理部にて処理した信号に対しFFT演算を行い周波数軸の信号へと変換することで妨害信号を算出する。

[0021] この構成により、妨害信号を検出し、妨害を含んだ信号の誤り訂正能力を向上させることが可能である。

- [0022] 本発明の妨害信号検出装置は、伝送路推定部と、IFFT演算部と、閾値処理部と、FFT演算部と、減算処理部とを備えた構成を有している。伝送路推定部は、パイロット信号から算出した伝送路特性を入手し、パイロット信号の配置規則に基づいて時間方向および周波数方向に前記パイロット信号から算出した伝送路特性の補間処理を行う。IFFT演算部は、伝送路推定部から得られる全てのOFDMキャリアの伝送路特性を示す信号をIFFT演算する。閾値処理部は、IFFT演算部によるIFFT演算結果として得られる時間軸の信号を閾値と比較し、時間軸の信号が閾値を下回る場合には値を「0」に置換する。FFT演算部は、閾値処理部にて処理した信号に対しFFT演算を行い周波数軸の信号へと変換する。減算処理部は、パイロット信号から算出した伝送路特性の信号からFFT演算部より得られる周波数軸の信号を減算することで妨害信号を算出する。
- [0023] この構成により、妨害信号を検出し、妨害を含んだ信号の誤り訂正能力を向上させることが可能となる。
- [0024] 本発明のOFDM受信装置は、受信信号FFT演算部(以下、単に、FFT演算部とも記す)、パイロット抽出部と、伝送路特性推定部(以下、伝送路推定部とも記す)と、除算部と、軟判定部と、誤り訂正部と、上述のいずれかの妨害信号検出装置とを備える。受信信号FFT演算部は、受信信号を周波数領域の信号へ変換する。パイロット抽出部は、周波数領域の信号からパイロット信号を抽出して、パイロット信号の存在したキャリアの伝送路特性を算出する。伝送路特性推定部は、パイロット抽出部で算出した伝送路特性を時間方向および周波数方向に補完し、全てのOFDMキャリアの伝送路特性の推定値を算出する。除算部は、受信信号FFT演算部の出力を伝送路特性の推定値で除算する。軟判定部は、送信信号点から受信信号点までの距離に基づいて尤度を算出する。誤り訂正部は、尤度を利用して誤り訂正を行う。妨害信号検出装置が検出した妨害信号に従って、尤度を補正する。

- [0025] この構成により、妨害を含んだ信号の受信能力を向上させることが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]図1は本発明の第1実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。

[図2]図2は同実施例において帯域のほぼ中央部に妨害信号が加算されたOFDM信号を示す図である。

[図3]図3は同実施例において図2で示したOFDM信号から抽出したパイロット信号を示す図である。

[図4]図4は同実施例において図3で示したパイロット信号に対しIFFT演算を行い得られる信号の振幅特性を示す図である。

[図5]図5は同実施例において図4で示した信号に閾値処理を施した後にFFT演算を行い得られる信号の振幅特性を示す図である。

[図6]図6は同実施例において妨害情報が得られるOFDMキャリアと妨害情報が得られないOFDMキャリアを示した図である。

[図7]図7は本発明の第1実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の別の構成を示すブロック図である。

[図8]図8は本発明の第2実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。

[図9]図9は本発明の第3実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の部分構成を示すブロック図である。

[図10]図10は同実施例において窓かけ部で使用する窓関数の例を示す図である。

[図11A]図11Aは同実施例において窓かけ処理ありによるIFFT演算結果を示す図である。

[図11B]図11Bは同実施例において窓かけ処理なしによるIFFT演算結果を示す図である。

[図12]図12は同実施例において逆窓かけ部の出力信号例を示した図である。

[図13]図13は本発明の第4実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の部分構成を示すブロック図である。

[図14]図14は同実施例において減算部の処理前後の信号例を示す図である。

[図15]図15は本発明の第5実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。

[図16]図16は本発明の第5実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信

装置の別の構成を示すブロック図である。

[図17]図17は本発明の第6実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。

[図18]図18は本発明の第6実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の別の構成を示すブロック図である。

符号の説明

- [0027]
- 1 チューナー部
 - 2 A/D変換部
 - 3 直交検波部
 - 4 FFT演算部(受信信号FFT演算部)
 - 5 パイロット抽出部
 - 6 伝送路推定部(伝送路特性推定部)
 - 7 除算部
 - 8, 20 IFFT演算部
 - 9, 18 閾値処理部
 - 10, 21 FFT演算部
 - 11 妨害検出部
 - 12, 41, 42 軟判定部
 - 13 誤り訂正部
 - 14 デインタリーブ部
 - 15 信号品質算出部
 - 16 窓かけ部
 - 17 逆窓かけ部
 - 19 減算処理部(減算部)

発明を実施するための最良の形態

[0028] 以下、本発明の実施例について、図面を用いて説明する。

[0029] (第1実施例)

まず、本発明の妨害信号検出装置およびOFDM受信装置を具現化する装置構成

の一例を説明する。図1は、本発明の第1実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。図1において、妨害信号検出装置は、チューナー部1と、A/D変換部2と、直交検波部3と、FFT演算部(受信信号FFT演算部)4と、パイロット抽出部5と、伝送路推定部6と、除算部7と、IFFT演算部8と、閾値処理部9と、FFT演算部10と、妨害検出部11と、軟判定部12と、誤り訂正部13とを備える。

[0030] チューナー部1は、受信したOFDM信号の選局を行う。A/D変換部2は、チューナーで選局された信号をデジタル信号へと変換し出力する。直交検波部3は、OFDM信号を直交検波し出力する。FFT演算部4は、直交検波部3より得られた信号を周波数領域の信号へと変換し出力する。パイロット抽出部5は、OFDM信号に周期的に挿入されたパイロット信号を抽出する。さらに、抽出したパイロット信号を基準値と比較しパイロット信号の存在したキャリアの伝送路特性を算出し出力する。伝送路推定部6は、パイロット抽出部5で算出したパイロット信号の存在したキャリアの伝送路特性を時間方向および周波数方向に補間し、全てのOFDMキャリアの伝送路特性の推定値を算出し出力する。除算部7は、FFT演算部4にて周波数領域の信号に変換された信号を、伝送路推定部6にて推定した伝送路特性の推定値で除算し、除算結果を出力する。

[0031] IFFT演算部8は、パイロット抽出部5にて算出した伝送路特性を示す信号に対してIFFT演算を行い、時間領域の信号へと変換し出力する。IFFT演算は、1シンボル期間分のパイロット抽出部5より得られる信号に対して行われる。パイロット抽出部5より得られる信号は、パイロット信号が周波数方向に離散的かつ周期的に配置されているため、OFDMキャリア総数に比べて少ない。例えば、日本の地上デジタル放送方式では、パイロット信号が周波数方向には12キャリア毎に配置されており、IFFT演算部8に入力される信号の総数は、OFDMキャリア総数の $1/12$ となる。そして、日本の地上デジタル放送方式においてOFDMキャリア数が最も多い伝送パラメータ(モード3と呼ばれ、キャリア総数は5617本である)の場合には、1シンボルあたりのパイロットキャリア数は468本または469本となる。このため、IFFT演算のポイント数は、本実施例においては512ポイントに設定する。本発明は、ポイント数を512ポイン

トに限定しない。

- [0032] 閾値処理部9は、IFFT演算部8から得られた信号が、あらかじめ設定した閾値よりも大きい場合には「0」に置換し出力する。IFFT演算部8から得られた信号が、閾値よりも小さな値の場合には、そのまま出力する。なお、IFFT演算部8から得られる値が複素数の場合には、ベクトルの大きさを閾値と比較し、ベクトルの大きさが閾値を下回る場合に、実部・虚部共に「0」に置換する。
- [0033] FFT演算部10は、閾値処理部9の出力に対してFFT演算を行い、周波数領域の信号へと変換し出力する。FFT演算部10におけるFFT演算のポイント数は、IFFT演算部8と同数とする。
- [0034] ここで、パイロット抽出部5からIFFT演算部8、閾値処理部9、FFT演算部10の処理の具体例を図2～図5を用いて説明する。OFDM信号のキャリア総数が5617本、キャリア間隔が約1kHz、パイロット信号が周波数方向に12キャリア毎に配置されている場合を例として説明する。
- [0035] 図2は、本実施例における妨害信号の影響を受けた信号の伝送路特性(振幅特性)を示す概念図である。OFDM伝送信号の帯域全体に対して一定量(C/N比で約15dB)の白色雑音を加算した。妨害信号は、OFDM信号帯域のほぼ中央部に存在する。
- [0036] 図3は、本実施例において図2のOFDM信号に含まれるパイロット信号から求めた伝送路特性(振幅特性)を×印で示している図である。図3の特性は、図1におけるパイロット抽出部5の出力に相当する。図3に示すように、妨害信号の位置がパイロット信号位置に重なるもしくは近い場合には、パイロット信号の振幅特性から妨害信号の存在を検出することが可能である。
- [0037] 図4は、本実施例における図3のパイロット信号に対してIFFT演算処理を行った結果を示した図である。縦軸は対数変換後の信号電力、横軸はIFFTポイントで示す時間である。図4の信号は、一般に遅延プロファイル等の名称で呼ばれており、信号の伝搬路特性を把握するために用いられることがある。この構成は、例えば、特開2000-115087号に開示されている。IFFT演算の結果、IFFTポイント数(512点)の複素信号が得られるが、演算結果は周波数方向に対称性を有するため、図4では256

点のみを表示した。また、演算結果のピーク値が0dBとなるように補正し表示している。また、閾値処理部10にて設定する閾値も同時に図4に示す。

[0038] 閾値処理部10は、図4の信号電力値が閾値より高い場合に、該当する複素信号値を「0」に置き換える。閾値は、たとえば、IFFT演算結果の電力を算出し、パワーのピーク値に対して-15dBの電力値とする。なお、閾値は、IFFT演算結果のベクトル量に対して設定してもよい。以上の閾値処理によりOFDM信号成分と妨害成分との切り分けを行うレベルを変更することができる。

[0039] また、上記説明では、IFFT演算結果のピーク値に対して閾値を設定するものとしたが、OFDM信号の伝送路特性が全帯域に渡って一定で基準レベルの場合に得られる演算結果値に対して閾値を設定してもよい。この場合、OFDM信号が遅延波により強められたり弱められたりした場合に、電力のピーク値が変動する影響を受けない。

[0040] 次に、図4の信号を閾値処理部9にて閾値処理を行った後にFFT演算部10にてFFT演算を行った結果を図5に示す。図5に示すように、FFT演算結果のベクトル量を算出することで、帯域内の妨害信号や、加算した白色雑音のノイズ量を検出することが可能である。なお、FFT演算部10とIFFT演算部8の演算ポイント数が同一のため、FFT演算部10の出力信号の周波数位置は、パイロット抽出部5の出力信号と一致する。

[0041] 次に妨害検出部11について説明する。妨害検出部11は、FFT演算部10より得られた信号を時間方向および周波数方向に補間処理を行う。FFT演算部10の出力信号は、パイロット抽出部5より得られた伝送路特性を示す信号を処理し得られる。このため、パイロット信号と同様に、周波数方向および時間方向に周期的な情報となっている。図6は、本実施例におけるFFT演算部10より得られる妨害信号情報と、OFDM伝送信号のキャリア配置の関係を示す図である。図の横軸は周波数軸(キャリア方向)であり、縦軸は時間軸(シンボル方向)である。図中の×印が妨害情報の得られたOFDMキャリア位置であり、○印が妨害情報の得られないOFDMキャリア位置を示す。先に述べたように、図6の妨害情報の得られたOFDMキャリア位置は、パイロット信号の配置されたOFDMシンボル位置と同一である。○印の位置のキャリアの妨

害情報は、×印の位置のキャリアの妨害情報を補間処理することにより得られる。妨害情報の補間方法は、周波数方向および時間方向に直線的に補間してもよいし、適当なタップ数を持つフィルタ処理により補間してもよい。また、得られた妨害情報を、例えば、5～10シンボル期間といった一定の短期のシンボル期間で平均化させた値を妨害信号として出力してもよい。

[0042] 軟判定部12は、除算部7より得られる復調データより軟判定を行い、得られた結果を出力する。ここで軟判定とは、受信信号点と送信信号点との間のユークリッド距離を算出し、ユークリッド距離が小さいほど尤度が高いと判断する方法を指す。また、受信信号点と送信信号点間の距離をユークリッド距離以外の方法により算出し、得られた距離を尤度として用いてもよい。

[0043] 更に、軟判定部12は、妨害検出部12より得られた妨害情報を用いて、軟判定結果を補正する。例えば、妨害情報の大きさに対して閾値を設定し、閾値を超えるような大きな妨害が存在するキャリアに対しては、先に求めた尤度を低く補正する。また、妨害情報の大きさに応じて、尤度の重み付け量を変更することも可能である。

[0044] 誤り訂正部13は、軟判定部12から得られた受信データの軟判定結果を用いて誤り訂正処理を行う。

[0045] 以上、本発明の第1実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の装置構成例を図1により説明したが、図7のような構成とすることも可能である。図7は、デインタリーブ部14を備える点が図1と異なる。図7において、図1と同じ構成については同じ符号を用い、説明を省略する。

[0046] デインタリーブ部14は、インターリーブ処理が施された受信信号に対しデインタリーブ処理を行う。インターリーブ処理は、OFDM信号の受信特性を向上させる目的で、信号の送信時にデータの時間方向や周波数方向の並びを一定の規則に従い入れ替える処理を指す。インターリーブ処理が送信時に行われた場合には、信号の受信時に信号を基に戻す処理が必要となり、これをデインタリーブ処理と呼ぶ。

[0047] デインタリーブ部14は、除算部7より得られる復調データを、送信側でのインターリーブ処理を行う前のデータの並びへと並び替える。この場合、妨害検出部11より得られる妨害情報を、データの並び替えと同一規則に従い並び替える必要がある。以上

のように復調データと妨害情報に対してデインタリーブ処理を行うことにより、復調データと妨害情報の関係を保つことが可能となる。デインタリーブ部14は、デインタリーブ処理後の復調データと、デインタリーブ処理後の妨害情報を出力する。

[0048] なお、妨害情報については、周波数方向の並びだけを入れ替え、時間的な入れ替えを行わないことも可能である。この場合、インターリーブ期間に応じた期間に渡り、妨害情報の時間平均値を算出することが望ましい。

[0049] また、図1の軟判定部12は、妨害検出部11から得られた妨害情報を使用したが、図7の軟判定部41は、デインタリーブ部14より得られる復調データと妨害情報を入力し処理する点異なる。

[0050] (第2実施例)

本発明の第2実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を説明する。

[0051] 図8は、本発明の第2実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。図8において、妨害信号検出装置は、チューナー部1と、A/D変換部2と、直交検波部3と、FFT演算部4と、パイロット抽出部5と、伝送路推定部6と、除算部7と、IFFT演算部8と、閾値処理部9と、FFT演算部10と、妨害検出部11と、軟判定部42と、誤り訂正部13と、信号品質算出部15とを備える。図8において、図1と同じ構成については同じ符号を用い、説明を省略する。図8の構成は、妨害検出部11に信号品質算出部15が接続されている点と、軟判定部42は除算部7からの信号に対し、妨害検出部11からの信号と信号品質算出部15からの信号とに基づいて判定する点とが図1と異なる。

[0052] 信号品質算出部15について詳細な説明を行う。

[0053] 信号品質算出部15は、OFDM信号の信号品質の算出を行う。妨害検出部43は、複数のOFDMキャリアそれぞれについて、信号に含まれる妨害信号情報を算出した。一方、信号品質算出部15は、妨害検出部11より得られる妨害信号情報について周波数方向の平均値を算出し、受信している信号帯域全体の信号品質を算出する。1シンボル毎もしくは、一定のシンボル期間の平均値を信号品質とする。

[0054] 軟判定部42は、妨害検出部11から得られる周波数方向の妨害情報と、信号品質

算出部15より得られる時間方向の妨害情報をもとに、軟判定を行うことができる。

- [0055] なお、本実施例では信号品質算出部15により得られる信号品質情報を、軟判定部42にて使用する場合について説明したが、他の目的に使用することも可能である。例えば、放送を受信する際のアンテナ設置方向を決定するための指標としてモニタするなどの利用が考えられる。

[0056] (第3実施例)

本発明の第3実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置について説明する。

- [0057] 図9は、本発明の第3実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の部分構成を示すブロック図である。図9の構成は、図1の構成におけるパイロット抽出部5以降の、IFFT演算部8、閾値処理部9、FFT演算部10、妨害検出部11までの構成に対して、窓かけ部16および逆窓かけ部17を追加したものである。窓かけ部16および逆窓かけ部17について詳細に説明する。

- [0058] 窓かけ部16は、IFFT演算を行う信号に対し、窓かけ処理を行う。本実施例の構成では、パイロット信号を入手し、パイロット信号に対して窓かけ処理を行う。窓かけ処理について説明する。図10は、本実施例において窓かけ時に使用する窓関数の形状を示す図であり、横軸はIFFTポイントで示す周波数であり、縦軸はピークを1として正規化した振幅値である。図10は、例として、ハニング窓と呼ばれる窓関数を示した。窓関数の周波数方向に、窓かけ部16の後段のIFFT演算部のポイント数と同じ数の値を持ち、中心において1.0という値を持つ。中心から離れるに従い、なだらかに0.0に近づく。

- [0059] 本実施例の構成では、複素数の形式で得られるパイロット信号に、窓関数値(実数値)を乗算する。パイロット信号の総数がIFFT演算もしくはFFT演算ポイント数に対して少ない場合には、不足する部分に実部と虚部が共に「0」である値を補う。また、パイロット信号の総数がIFFT演算もしくはFFT演算ポイント数に対して少ない場合には、窓関数の中心(1.0の値を持つ)を、周波数方向に並べたときにほぼ中心位置のパイロット信号に乗算するようにする。これにより、最も低い周波数のキャリア位置にあるパイロット信号と、最も高い周波数のキャリア位置にあるパイロット信号それ

それに掛け合わされる窓関数値がほぼ同一値とすることができる。

[0060] なお、図10では、ハニング窓を例として示したが、その他の形状を持つ窓関数を採用することも可能である。

[0061] 図11Aおよび図11Bは、本実施例においてマルチパス干渉を受けたOFDM信号から抽出したパイロット信号を、IFFT演算部8が時間領域の信号へと変換した出力信号を示す。図11Aは、窓かけ部16による処理を行った場合、また図11Bは、窓かけ部16による処理を行わない場合である。それぞれ、縦軸は対数変換した電力値であり、横軸はIFFTポイントで示した時間である。窓かけ部16によりIFFT演算部8の出力値のサイドローブの広がり狭くなる効果が見られる。窓かけ部16により、閾値処理部9にて設定する閾値を低く設定することが可能となる。なお、窓かけ部16が無い場合には、IFFT演算部出力が約 -20dB より低い領域で広がりを持つため、閾値と重なる。

[0062] 次に逆窓かけ部17の説明を行う。逆窓かけ部17は、FFT演算部10から出力される信号に対して逆窓関数を乗算し出力する。逆窓かけ部17で乗ずる逆窓関数とは、窓かけ部16で用いた窓関数の逆数である。

[0063] 図12は、本実施例における逆窓かけ部16の出力信号例を示す図である。本実施例におけるOFDM信号に、第1実施例の図5の場合と同様に、OFDM伝送信号帯域のほぼ中央に妨害信号を加算し、帯域全体には白色雑音を加算した。閾値処理部9にて設定する閾値は、IFFT演算部8の演算結果のピーク値と比較して -24dB とした。図12は、逆窓かけ部16から得られる信号の振幅を各周波数ごとに算出したものである。図12に示すように、帯域内の妨害信号や、加算した白色雑音のノイズ量を検出することが可能である。

[0064] なお、本構成の結果得られる妨害情報の利用方法については、第1実施例もしくは第2実施例と同様のため省略する。

[0065] (第4実施例)

本発明の第4実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置を説明する。図13は、本発明の第4実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の部分構成を示すブロック図である。図13において、図9と同じ構成については同

じ符号を用い、説明を省略する。図13の構成は、図9の構成と比較して、閾値処理部18、減算部19および信号品質算出部15が異なる。閾値処理部18および減算部19について詳細に説明する。信号品質算出部15は、図8における信号品質算出部15と同じ構成である。

- [0066] 図1、図7、図8および図9の閾値処理部9は、IFFT演算部8の演算結果を閾値と比較し、閾値よりも大きな値を「0」と置き換えていた。これに対し、閾値処理部18は、IFFT演算部8の演算結果を入手し、IFFT演算部8から得られた値が、あらかじめ設定した閾値よりも小さい場合に「0」として出力する。閾値よりも値が大きい場合には、そのまま出力する。なお、IFFT演算部8から得られる値が複素数の場合には、ベクトルの大きさを閾値と比較する。
- [0067] 減算部19は、逆窓かけ部17の出力と、パイロット信号を入手する。そして、パイロット信号から逆窓かけ部17から得られた信号を減算する。減算部19では、複素数の形式で入手したパイロット信号と、複素数の形式で入手した逆窓かけ部の出力信号を、同じ周波数位置に存在する信号どうし減算処理を行い出力する。
- [0068] 図14は、本実施例における窓かけ部16および減算部19が入手するパイロット信号と、減算部19が入手する信号と、減算部19の出力例とを示す図である。各信号は、前述のように各信号は複素数の形式で出力されるが、説明のため、各周波数成分ごとに振幅値を算出し示した。
- [0069] 図14で用いた信号は、OFDM信号にマルチパス干渉を加えると同時に、帯域のほぼ中央部に妨害信号が加算されている。また、帯域全体にわたって白色雑音を加算されている。図14の減算部19の出力値の振幅情報から、OFDM信号に加算された妨害信号など、雑音の周波数情報を検出することができる。
- [0070] なお、本構成の結果得られる妨害情報の利用方法については、第1実施例もしくは第2実施例と同様のため省略する。
- [0071] (第5実施例)
- 本発明の第5実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置を説明する。図15は、本発明の第5実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。図15において、図1と同じ構成については同じ符

号を用い、説明を省略する。図15の構成は、図1の構成と比較して、軟判定部42、IFFT演算部20、FFT演算部21および信号品質算出部15が異なる。軟判定部42は、図8における軟判定部42と同じ構成であるが、入力信号の1つがFFT演算部21からである点が異なる。信号品質算出部15は、図8における信号品質算出部15と同じ構成である。

[0072] IFFT演算部20は、伝送路推定部6より伝送路特性の情報を入手する。第1実施例乃至第4実施例の構成におけるIFFT演算部8は、パイロット抽出部5よりOFDM信号の1シンボル期間に含まれるパイロット信号の本数分だけの信号を入手した。一方、本実施例のIFFT演算部20は、伝送路推定部6から、1シンボル分の伝送路特性を示す信号を入手する。IFFT演算部20が伝送路推定部6より入手する信号は、除算部7が伝送路推定部6より入手する信号と同一である。例えば、第1実施例の説明時の例と同じOFDMキャリア数が最も多い伝送パラメータ(モード3と呼ばれ、キャリア総数は5617)の場合には、IFFT演算のポイント数は8192ポイントとなる。なお、本実施例においては、FFT演算部21で必要な演算ポイント数は、FFT演算部4のポイント数と同一であり、FFT演算部4とFFT演算部21を共通とさせることも可能である。

[0073] 閾値処理部9は、第1実施例乃至第3実施例の構成の説明と同じ処理を行う。ただし、IFFT演算部20の演算ポイント数が増加しているため、1シンボル期間に処理する信号の点数が増加する。

[0074] FFT演算部21は、閾値処理部9から得られる信号に対して、IFFT演算部20と同じ演算ポイント数のFFT演算を行い出力する。第1実施例乃至第3実施例の構成におけるFFT演算部10の出力は、周波数および時間方向に離散的な値であったため妨害検出部11による補間処理が必要であったが、本実施例の構成では、全てのOFDMキャリアに対する妨害情報が得られるため補間の必要はない。

[0075] FFT演算部21から得られる値の時間方向へ、例えば、5～10シンボル期間といった一定の短期のシンボル期間での平均値を算出し、軟判定部42へ妨害信号として出力してもよい。

[0076] 本実施例では、補間処理された伝送路特性をもとに妨害情報を算出するため、第1

実施例乃至第3実施例の構成と比べて、より精度の高い妨害情報の算出が可能となる。また、図16は、本実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示す別のブロック図である。図16に示すように、窓かけ部16、逆窓かけ部17を追加した構成とすることも可能である。使用する窓関数の点数はIFFT演算およびFFT演算のポイント数に従い増加するが、得られる効果は第3実施例と同様である。軟判定部42への入力信号が逆窓かけ部17からである点が図15とさらに異なる。

[0077] (第6実施例)

本発明の第6実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置を説明する。図17は、本発明の第6実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示すブロック図である。図17において、図15と同じ構成については同じ符号を用い、説明を省略する。図17の構成は、図15の構成と比較して、閾値処理部18および減算部19が異なる。閾値処理部18および減算部19は、図13における閾値処理部18および減算部19と同じ構成である。

[0078] IFFT演算部20は、伝送路推定部6から、1シンボル分の伝送路特性を示す信号を入手する。閾値処理部18は、IFFT演算部20の演算結果を入手し、IFFT演算部20から得られた値が、あらかじめ設定した閾値よりも小さい場合に「0」として出力する。閾値よりも値が大きい場合には、そのまま出力する。閾値処理部18は、第4実施例の構成の説明と同じ処理を行う。ただし、IFFT演算部20の演算ポイント数が増加しているため、1シンボル期間に処理する信号の点数が増加する。

[0079] FFT演算部21は、閾値処理部18から得られる信号に対して、IFFT演算部20と同じ演算ポイント数のFFT演算を行い出力する。第4実施例の構成におけるFFT演算部10の出力は、周波数および時間方向に離散的な値であったため妨害検出部11による補間処理が必要であったが、本実施例の構成では、全てのOFDMキャリアに対する妨害情報が得られるため補間の必要はない。

[0080] 減算部19は、FFT演算部21の出力と、伝送路推定部6からの信号を入手する。そして、伝送路推定部6からの信号からFFT演算部21から得られた信号を減算する。減算部19では、複素数の形式で入手した伝送路推定部6からの信号と、複素数の形式で入手したFFT演算部21の出力信号とを、同じ周波数位置に存在する信号と

うし減算処理を行い出力する。

[0081] 減算部19から得られる値の時間方向へ、例えば、5～10シンボル期間といった一定の短期のシンボル期間での平均値を算出し、軟判定部42へ妨害信号として出力してもよい。

[0082] 本実施例では、補間処理された伝送路特性をもとに妨害情報を算出するため、第4実施例の構成と比べて、より精度の高い妨害情報の算出が可能となる。また、図18は、本実施例における妨害信号検出装置を含むOFDM受信装置の構成を示す別のブロック図である。図18に示すように、窓かけ部16、逆窓かけ部17を追加した構成とすることも可能である。使用する窓関数の点数はIFFT演算およびFFT演算のポイント数に従い増加するが、得られる効果は第4実施例と同様である。

産業上の利用可能性

[0083] 以上のように、本発明の妨害信号検出装置およびOFDM受信装置は、OFDM信号帯域内に存在する妨害信号量を高精度に検出することが可能である。特に、シンボル単位で処理が可能であるため、妨害信号量の誤推定を防止でき、一定時間内に得られた妨害信号を平均化させる処理が不要となる。これにより、時間的に変動する妨害信号が加算されたOFDM信号を復調する場合に、受信性能を改善することが可能であり、直交周波数分割多重伝送方式の受信機等として有用である。

請求の範囲

- [1] 伝送帯域内に互いに直交する周波数関係を持つ複数のキャリアが割り当てられた情報信号で変調され、前記情報信号により変調された複数のキャリアに対して既知のパイロット信号が周期的に挿入されたOFDM伝送信号を受信し、受信した信号に含まれる妨害信号を検出する妨害信号検出装置であって、
パイロット信号から算出した伝送路特性をIFFT演算するIFFT演算部と、
前記IFFT演算部によるIFFT演算結果として得られる時間軸の信号を閾値と比較し、前記時間軸の信号が前記閾値を上回る場合には値をゼロに置換する閾値処理部と、
前記閾値処理部にて処理した信号に対しFFT演算を行い周波数軸の信号へと変換するFFT演算部と、
前記FFT演算部より得られる周波数軸の信号を、時間方向および周波数方向に補間処理し、OFDM信号帯域に加算された妨害信号を算出する妨害検出部とを備えた妨害信号検出装置。
- [2] 前記パイロット信号から算出した伝送路特性に対し、窓関数を乗ずる演算を施す窓かけ部と、前記FFT演算部から得られる周波数軸の信号に対して、前記窓かけ部で乗じた窓関数の逆数を乗算する逆窓かけ部とをさらに備えた請求項1に記載の妨害信号検出装置。
- [3] 前記妨害検出部より得られる周波数方向の妨害信号の情報の平均値を算出し、受信した信号帯域全体の妨害信号レベルとして算出する信号品質算出部をさらに備えた請求項1または請求項2に記載の妨害信号検出装置。
- [4] 伝送帯域内に互いに直交する周波数関係を持つ複数のキャリアが割り当てられた情報信号で変調され、前記情報信号により変調された複数のキャリアに対して既知のパイロット信号が周期的に挿入されたOFDM伝送信号を受信し、受信した信号に含まれる妨害信号を検出する妨害信号検出装置であって、
パイロット信号から算出した伝送路特性をIFFT演算するIFFT演算部と、
前記IFFT演算部によるIFFT演算結果として得られる時間軸の信号を閾値と比較し、前記時間軸の信号が前記閾値を下回る場合には値をゼロに置換する閾値処理部

と、

前記閾値処理部にて処理した信号に対しFFT演算を行い周波数軸の信号へと変換するFFT演算部と、

前記パイロット信号から算出した伝送路特性の信号から前記FFT演算部より得られる周波数軸の信号を減算する減算処理部と、

前記減算処理より得られる信号を時間方向および周波数方向に補間処理し、OFDM信号帯域に加算された妨害信号を算出する妨害検出部と

を備えた妨害信号検出装置。

- [5] 前記パイロット信号から算出した伝送路特性に対し、窓関数を乗ずる演算を施す窓かけ部と、前記FFT演算部から得られる周波数軸の信号に対して、前記窓かけ部で乗じた窓関数の逆数を乗算する逆窓かけ部とをさらに備えた請求項4に記載の妨害信号検出装置。
- [6] 前記妨害検出部より得られる周波数方向の妨害信号の情報の平均値を算出し、受信した信号帯域全体の妨害信号レベルとして算出する信号品質算出部をさらに備えた請求項4または請求項5に記載の妨害信号検出装置。
- [7] 伝送帯域内に互いに直交する周波数関係を持つ複数のキャリアが割り当てられた情報信号で変調され、前記情報信号により変調された複数のキャリアに対して既知のパイロット信号が周期的に挿入されたOFDM伝送信号を受信し、受信した信号に含まれる妨害信号を検出する妨害信号検出装置であって、
パイロット信号から算出した伝送路特性を入手し、前記パイロット信号の配置規則に基づいて時間方向および周波数方向に前記パイロット信号から算出した伝送路特性の補間処理を行う伝送路推定部と、
前記伝送路推定部から得られる全てのOFDMキャリアの伝送路特性を示す信号をIFFT演算するIFFT演算部と、
前記IFFT演算部によるIFFT演算結果として得られる時間軸の信号を閾値と比較し、前記時間軸の信号が前記閾値を上回る場合には値をゼロに置換する閾値処理部と、
前記閾値処理部にて処理した信号に対しFFT演算を行い周波数軸の信号へと変換

することで妨害信号を算出するFFT演算部と
を備えた妨害信号検出装置。

- [8] 前記伝送路推定部にて算出した伝送路特性に対し、窓関数を乗ずる演算を施す窓かけ部と、前記FFT演算部から得られる周波数軸の信号に対して、前記窓かけ部で乗じた窓関数の逆数を乗算する逆窓かけ部とをさらに備えた請求項7に記載の妨害信号検出装置。
- [9] 前記FFT演算部より得られる周波数方向の妨害信号の情報の平均値を算出し、受信した信号帯域全体の妨害信号レベルとして算出する信号品質算出部をさらに備えた請求項7または請求項8に記載の妨害信号検出装置。
- [10] 伝送帯域内に互いに直交する周波数関係を持つ複数のキャリアが割り当てられた情報信号で変調され、前記情報信号により変調された複数のキャリアに対して既知のパイロット信号が周期的に挿入されたOFDM伝送信号を受信し、受信した信号に含まれる妨害信号を検出する妨害信号検出装置であって、
パイロット信号から算出した伝送路特性を入手し、前記パイロット信号の配置規則に基づいて時間方向および周波数方向に前記パイロット信号から算出した伝送路特性の補間処理を行う伝送路推定部と、
前記伝送路推定部から得られる全てのOFDMキャリアの伝送路特性を示す信号をIFFT演算するIFFT演算部と、
前記IFFT演算部によるIFFT演算結果として得られる時間軸の信号を閾値と比較し、前記時間軸の信号が前記閾値を下回る場合には値をゼロに置換する閾値処理部と、
前記閾値処理部にて処理した信号に対しFFT演算を行い周波数軸の信号へと変換するFFT演算部と、
前記パイロット信号から算出した伝送路特性の信号から前記FFT演算部より得られる周波数軸の信号を減算することで妨害信号を算出する減算処理部と
を備えた妨害信号検出装置。
- [11] 前記伝送路推定部にて算出した伝送路特性に対し、窓関数を乗ずる演算を施す窓かけ部と、前記FFT演算部から得られる周波数軸の信号に対して、前記窓かけ部で

乗じた窓関数の逆数を乗算する逆窓かけ部とをさらに備えた請求項10に記載の妨害信号検出装置。

- [12] 前記減算部より得られる周波数方向の妨害信号の情報の平均値を算出し、受信した信号帯域全体の妨害信号レベルとして算出する信号品質算出部をさらに備えた請求項10または請求項11記載の妨害信号検出装置。
- [13] 受信信号を周波数領域の信号へ変換する受信信号FFT演算部と、前記周波数領域の信号からパイロット信号を抽出して、前記パイロット信号の存在したキャリアの伝送路特性を算出するパイロット抽出部と、前記パイロット抽出部で算出した伝送路特性を時間方向および周波数方向に補完し、全てのOFDMキャリアの伝送路特性の推定値を算出する伝送路特性推定部と、前記受信信号FFT演算部の出力を前記伝送路特性の推定値で除算する除算部と、送信信号点から受信信号点までの距離に基づいて尤度を算出する軟判定部と、前記尤度を利用して誤り訂正を行う誤り訂正部と
を備えたOFDM受信装置であって、
さらに、請求項1または請求項4に記載の妨害信号検出装置を備えており、前記妨害信号検出装置が備える妨害検出部が算出した妨害信号に従って、前記尤度を補正するOFDM受信装置。
- [14] 受信信号を周波数領域の信号へ変換する受信信号FFT演算部と、前記周波数領域の信号からパイロット信号を抽出して、前記パイロット信号の存在したキャリアの伝送路特性を算出するパイロット抽出部と、前記パイロット抽出部で算出した伝送路特性を時間方向および周波数方向に補完し、全てのOFDMキャリアの伝送路特性の推定値を算出する伝送路特性推定部と、前記受信信号FFT演算部の出力を前記伝送路特性の推定値で除算する除算部と、送信信号点から受信信号点までの距離に基づいて尤度を算出する軟判定部と、前記尤度を利用して誤り訂正を行う誤り訂正部と
を備えたOFDM受信装置であって、
さらに、請求項7に記載の妨害信号検出装置を備えており、前記妨害信号検出装置が備えるFFT演算部が算出した妨害信号に従って、前記尤度を補正するOFDM受

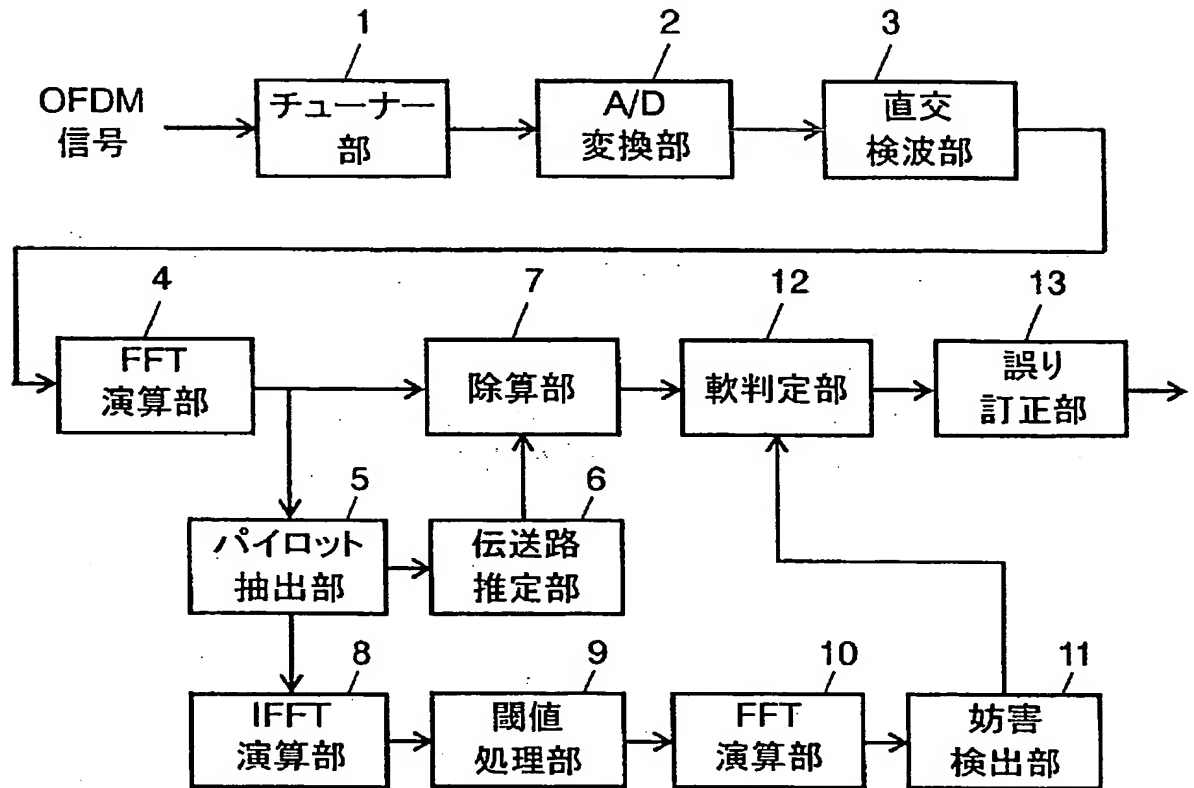
信装置。

- [15] 受信信号を周波数領域の信号へ変換する受信信号FFT演算部と、前記周波数領域の信号からパイロット信号を抽出して、前記パイロット信号の存在したキャリアの伝送路特性を算出するパイロット抽出部と、前記パイロット抽出部で算出した伝送路特性を時間方向および周波数方向に補完し、全てのOFDMキャリアの伝送路特性の推定値を算出する伝送路特性推定部と、前記受信信号FFT演算部の出力を前記伝送路特性の推定値で除算する除算部と、送信信号点から受信信号点までの距離に基づいて尤度を算出する軟判定部と、前記尤度を利用して誤り訂正を行う誤り訂正部と
- を備えたOFDM受信装置であって、
- さらに、請求項10に記載の妨害信号検出装置を備えており、前記妨害信号検出装置が備える減算処理部が算出した妨害信号に従って、前記尤度を補正するOFDM受信装置。

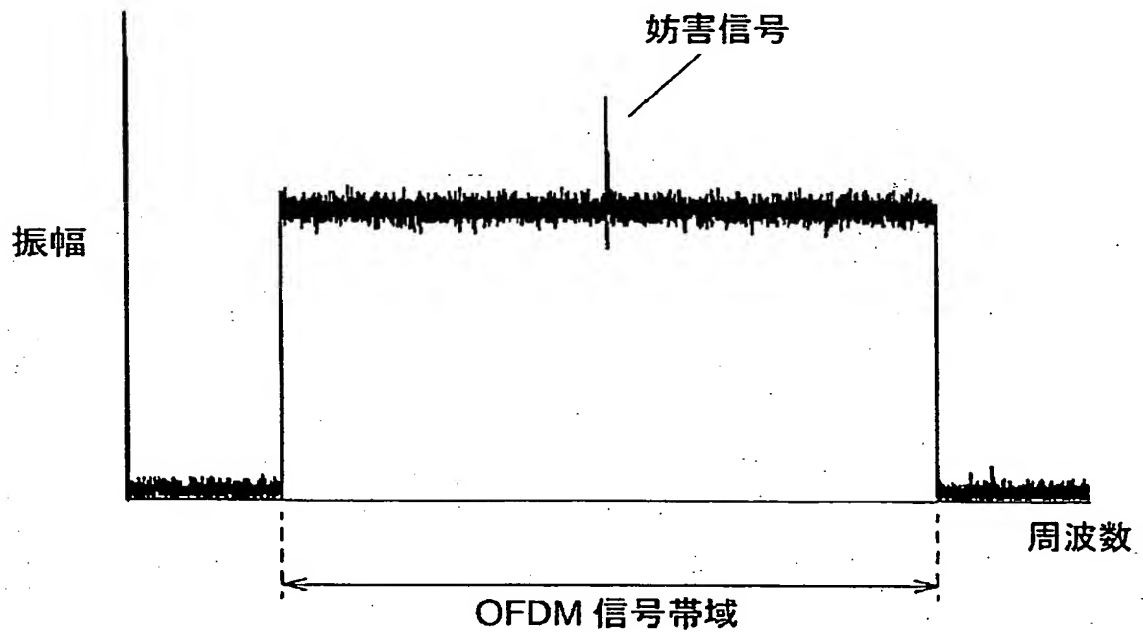
要 約 書

妨害信号を検出し、妨害を含んだ信号の誤り訂正能力を向上できる妨害信号検出装置と、妨害を含んだ信号の受信能力を向上できるOFDM受信装置とが開示されている。この妨害信号検出装置及びOFDM受信装置は、IFFT演算部がパイロット信号から算出した伝送路特性をIFFT演算する。閾値処理部が、IFFT演算結果として得られた時間軸の信号が閾値を上回る場合には値を「0」に置換する。FFT演算部が、閾値処理部で処理した信号に対しFFT演算を行い周波数軸の信号へ変換する。妨害検出部が、FFT演算部より得られる周波数軸の信号を、時間方向および周波数方向に補間処理し、OFDM信号帯域に加算された妨害信号を算出するようにした。

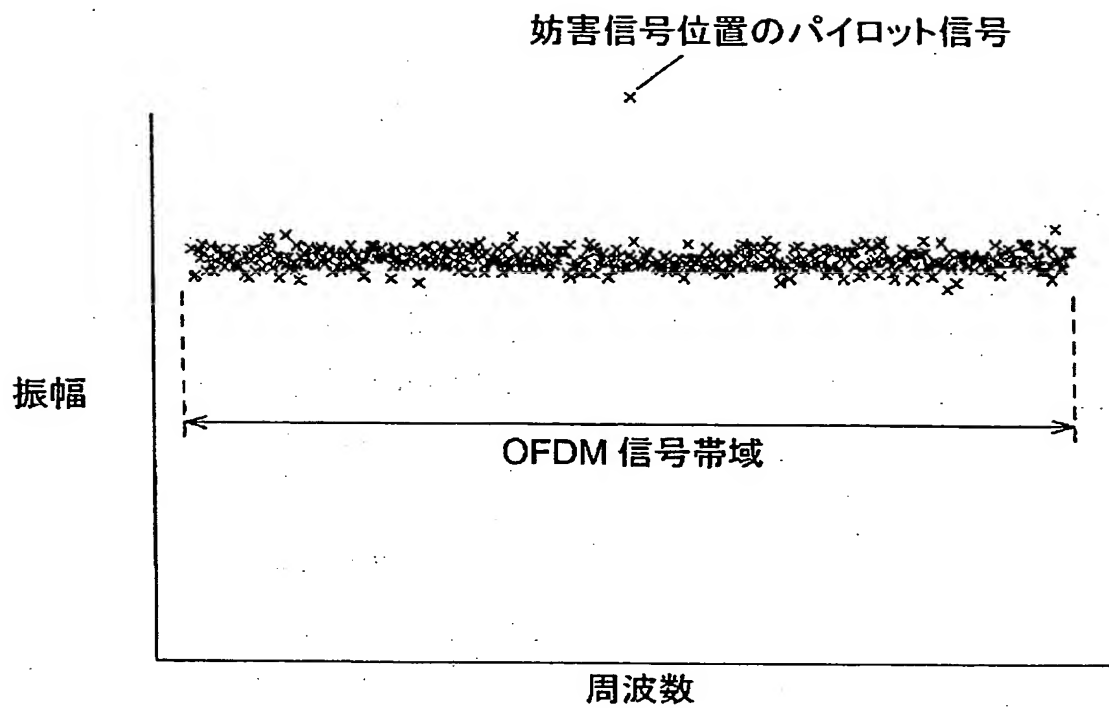
[図1]



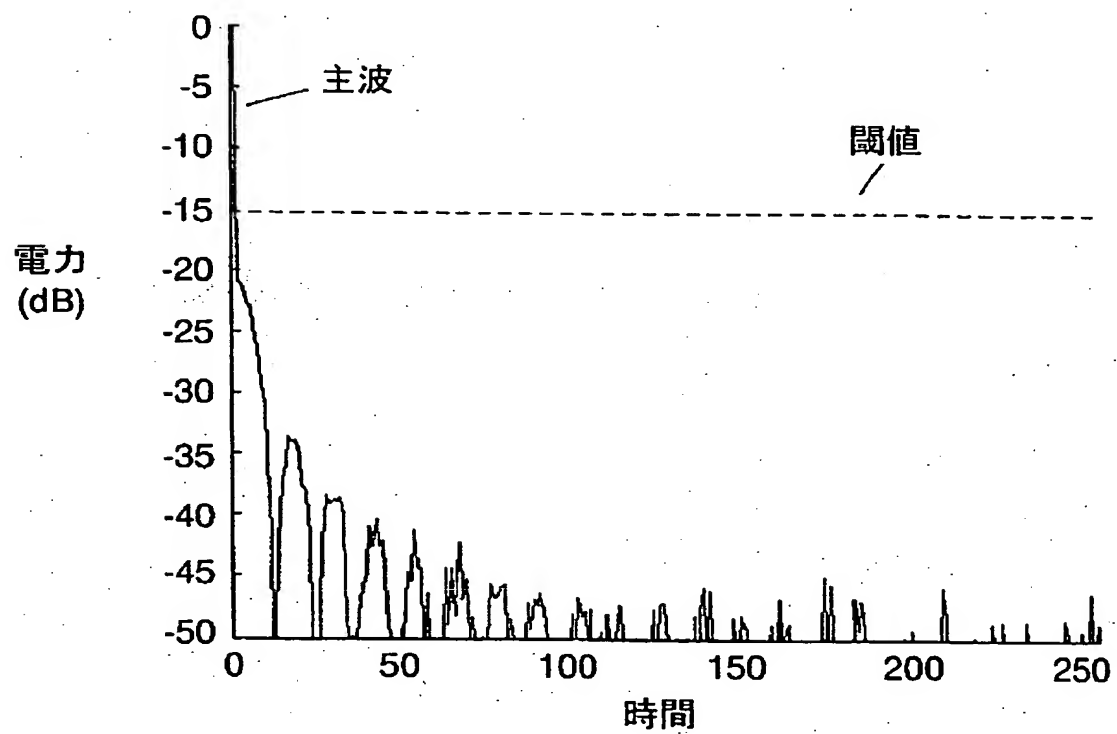
[図2]



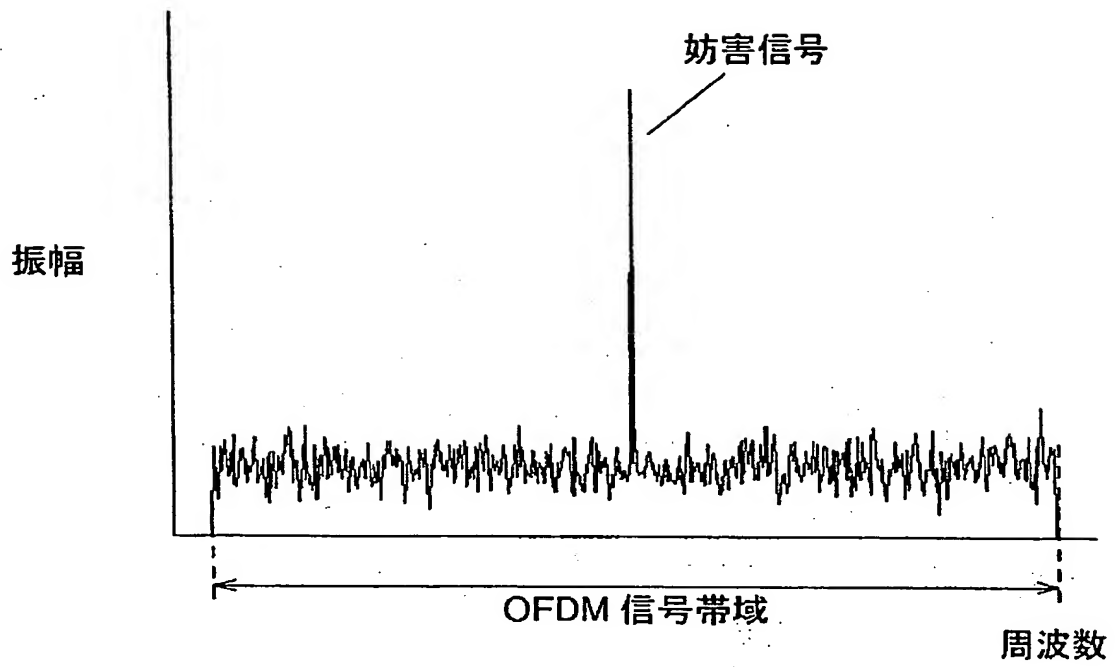
[図3]



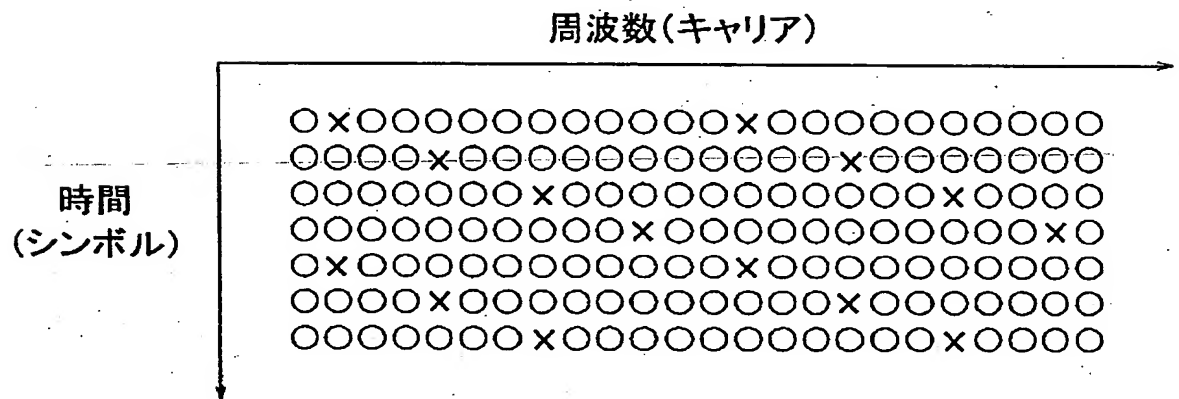
[図4]



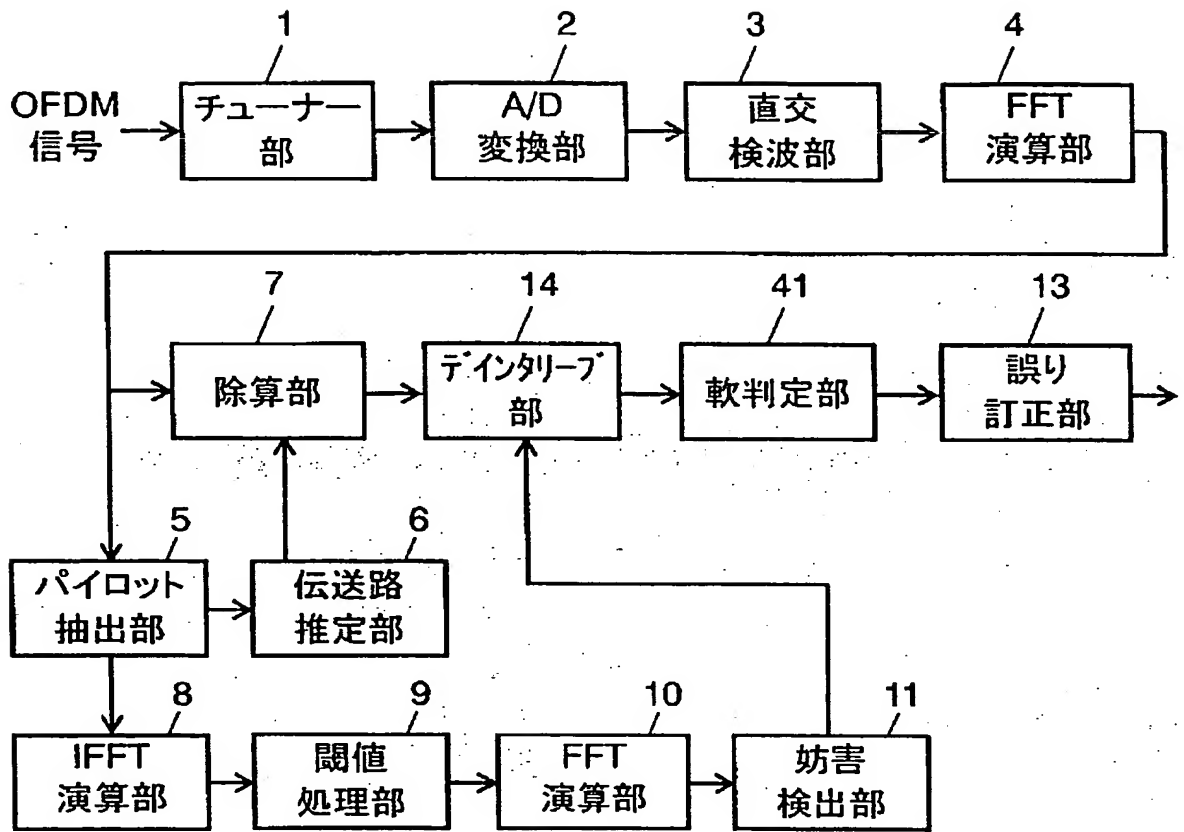
[図5]



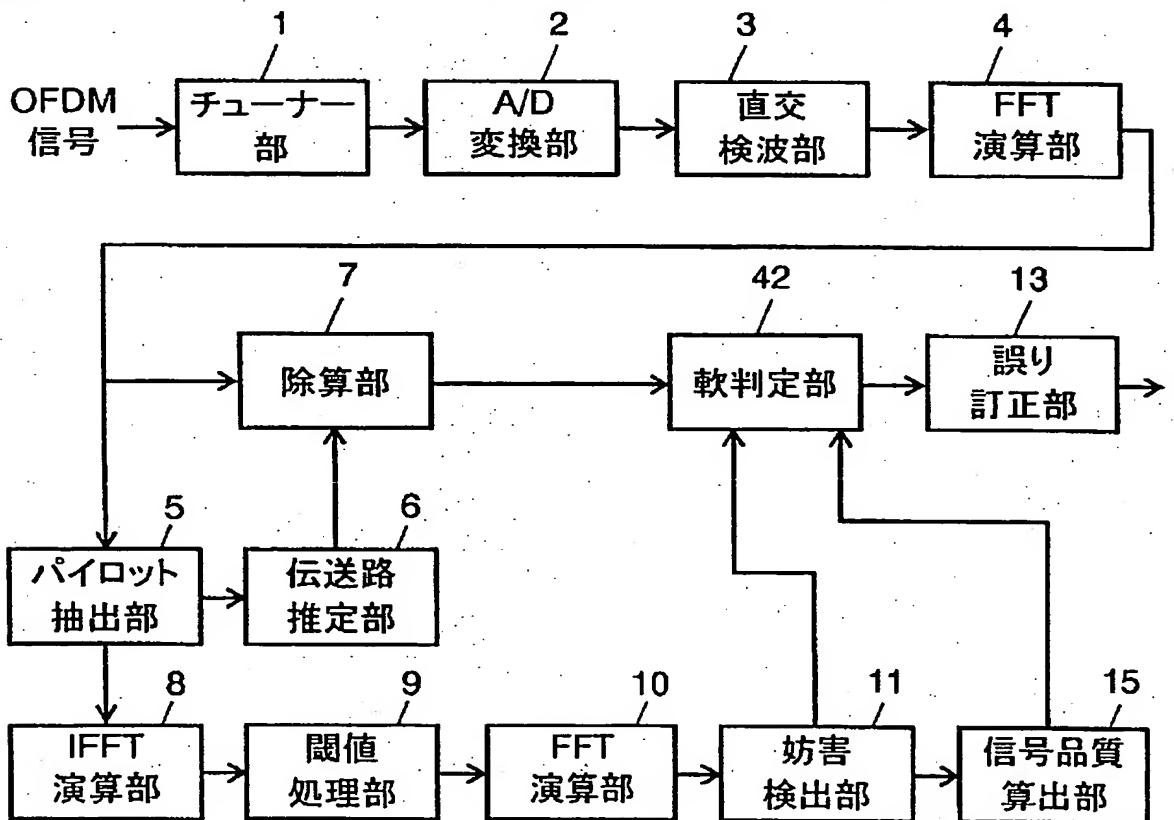
[図6]



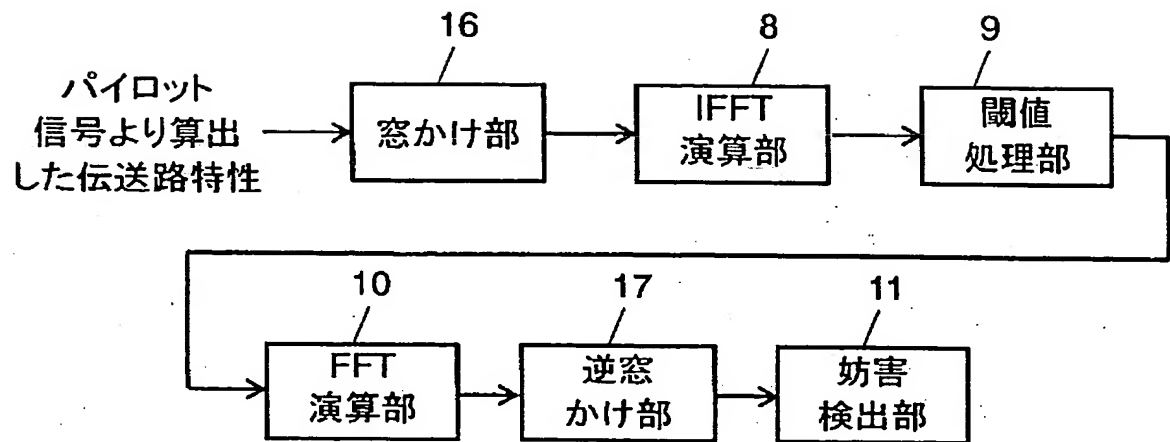
[図7]



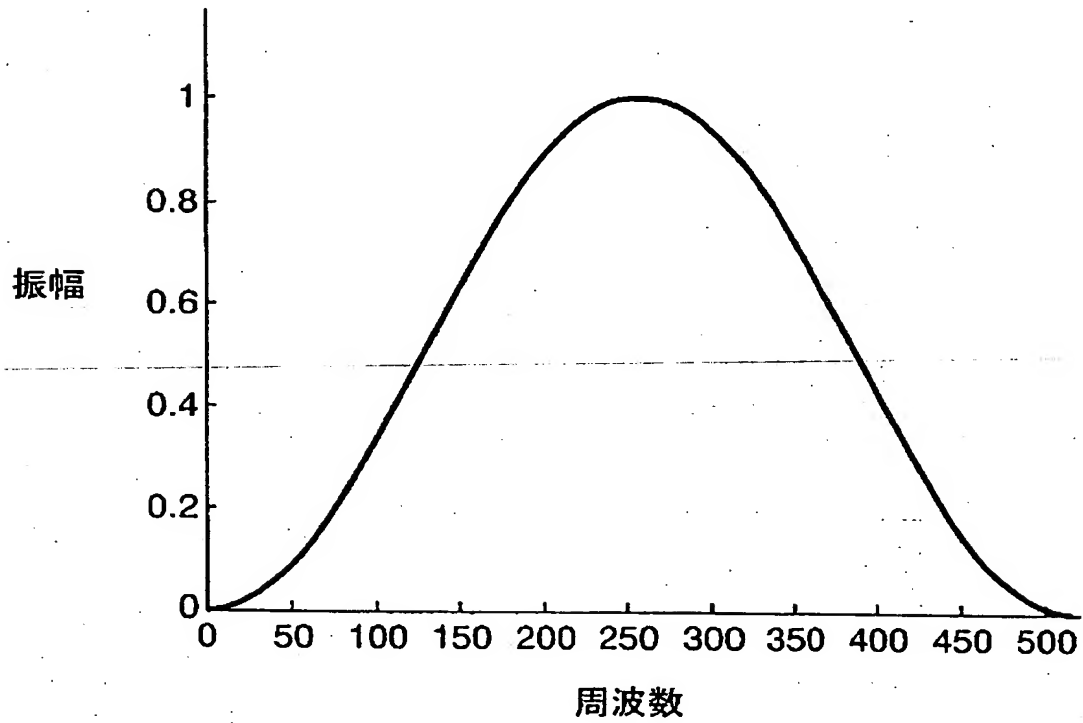
[図8]



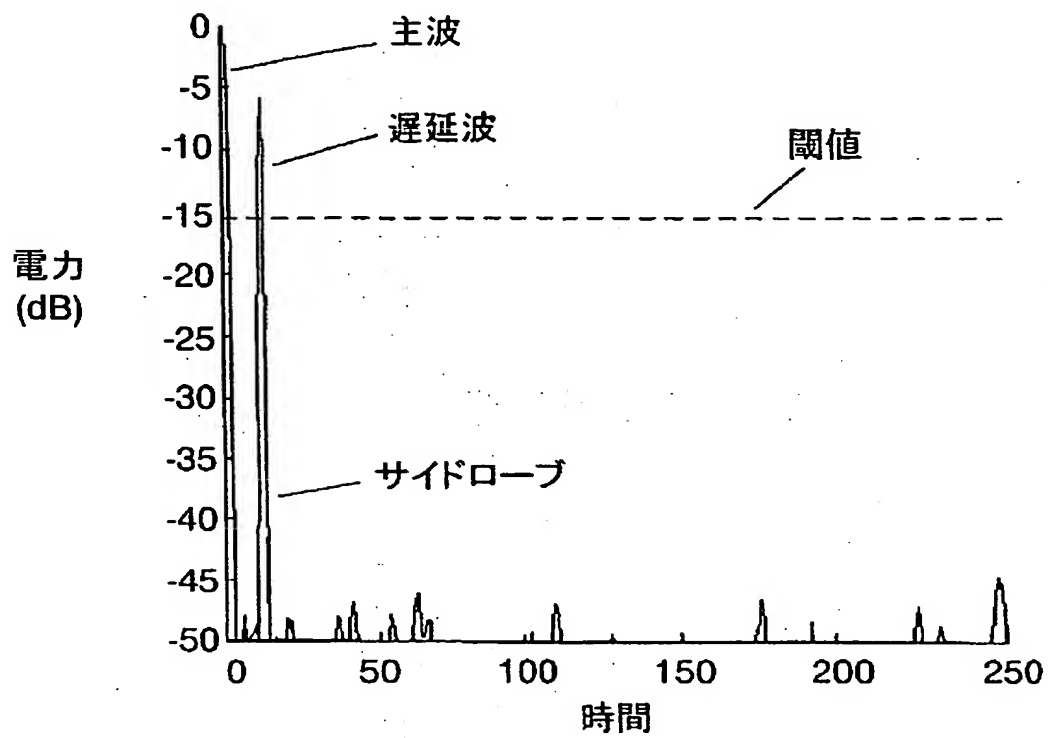
[図9]



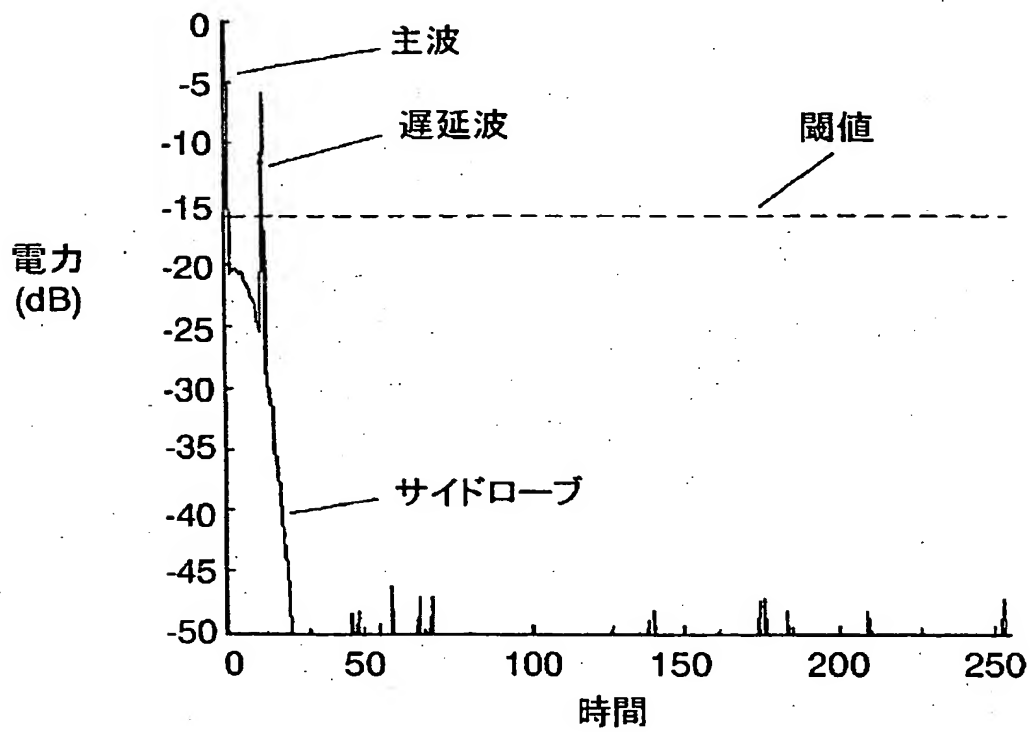
[図10]



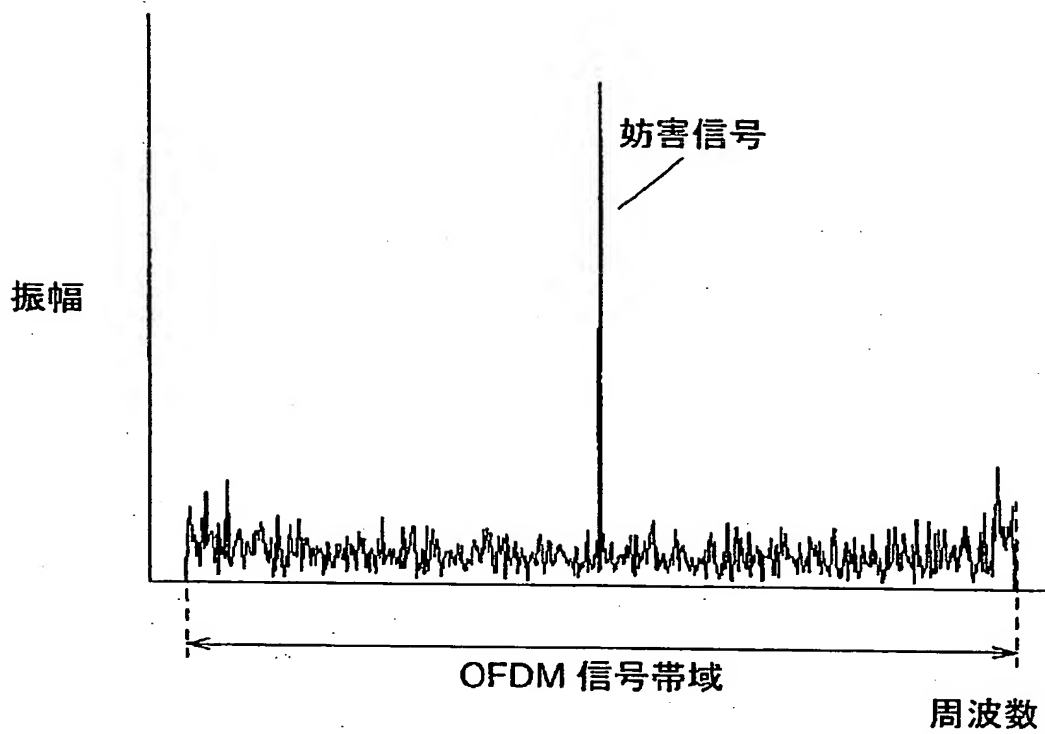
[図11A]



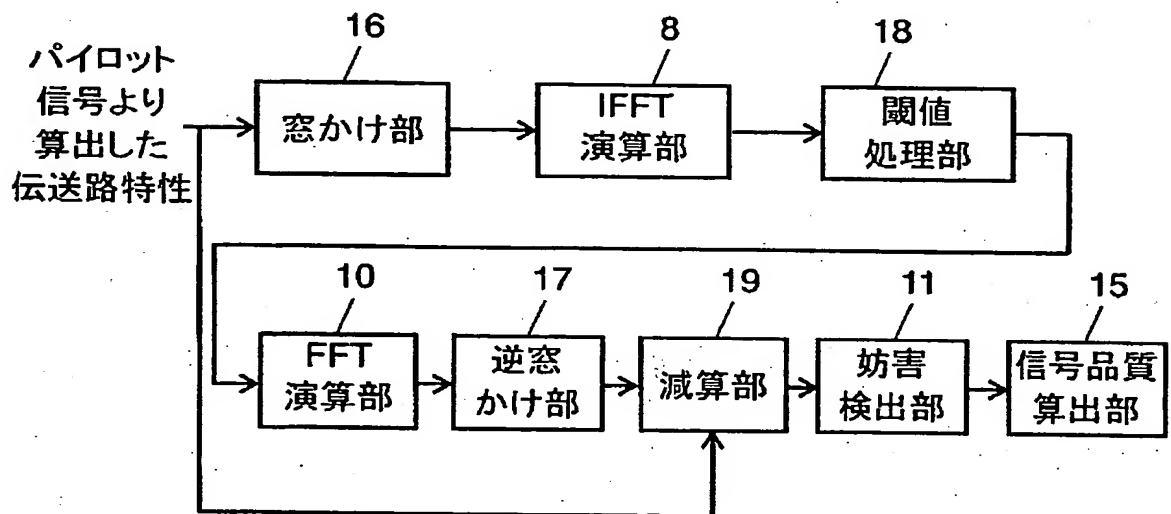
[図11B]



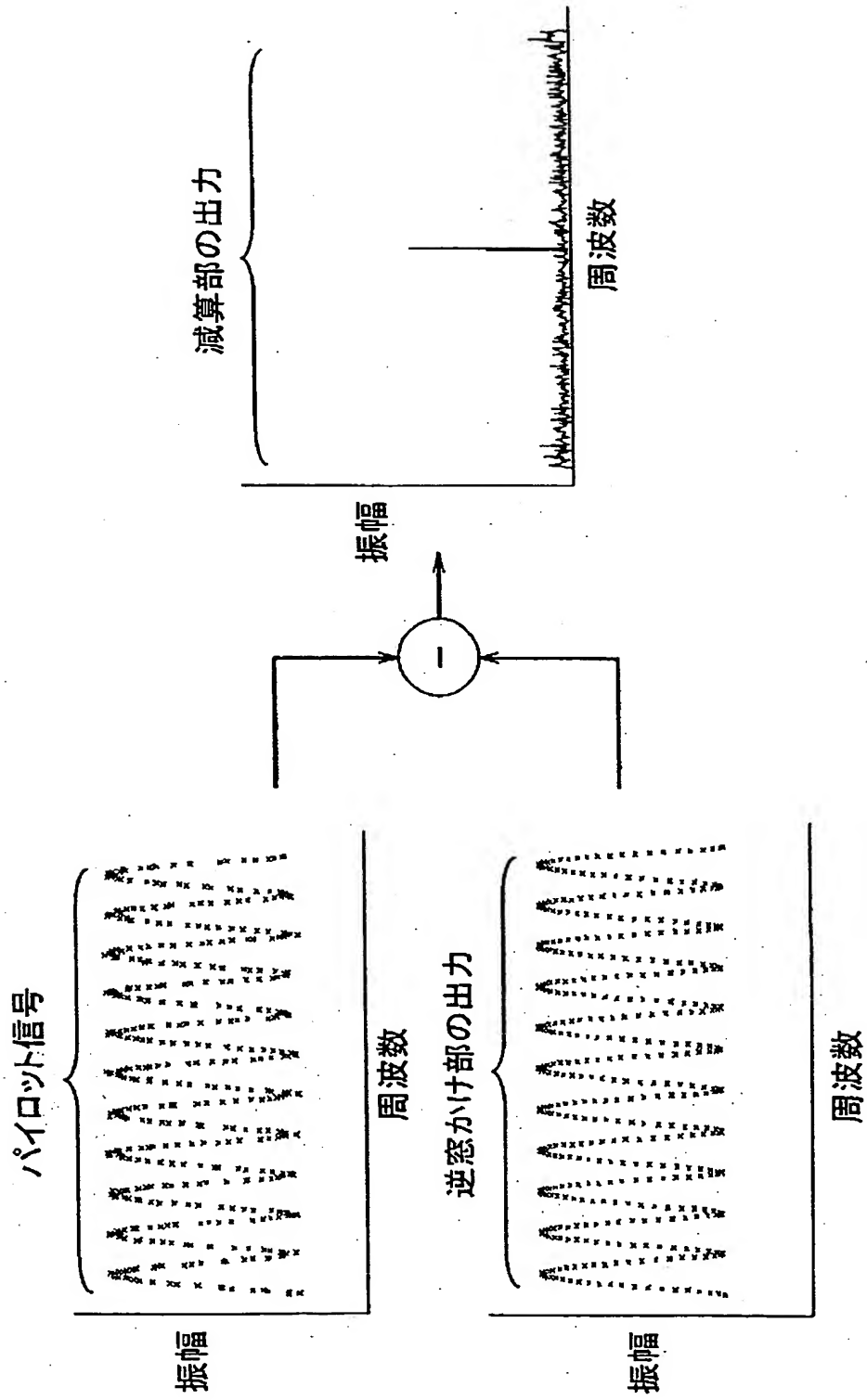
[図12]



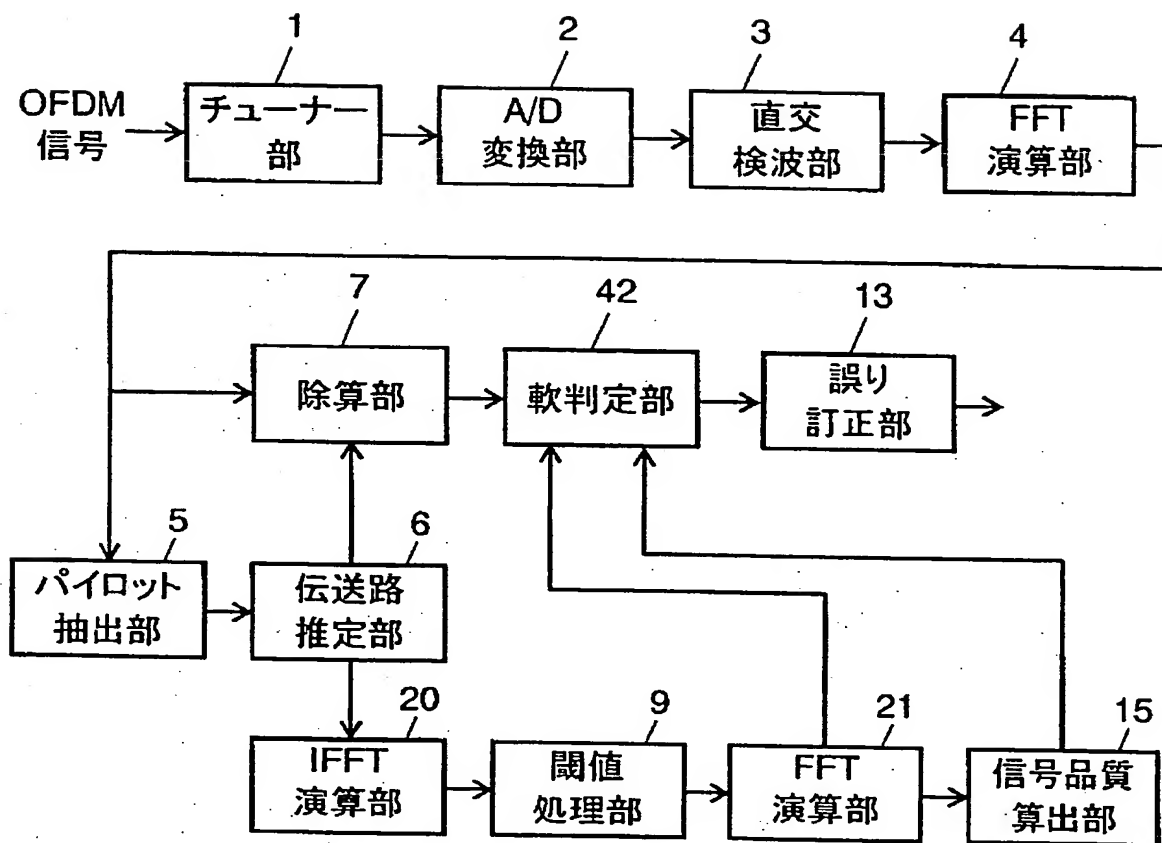
[図13]



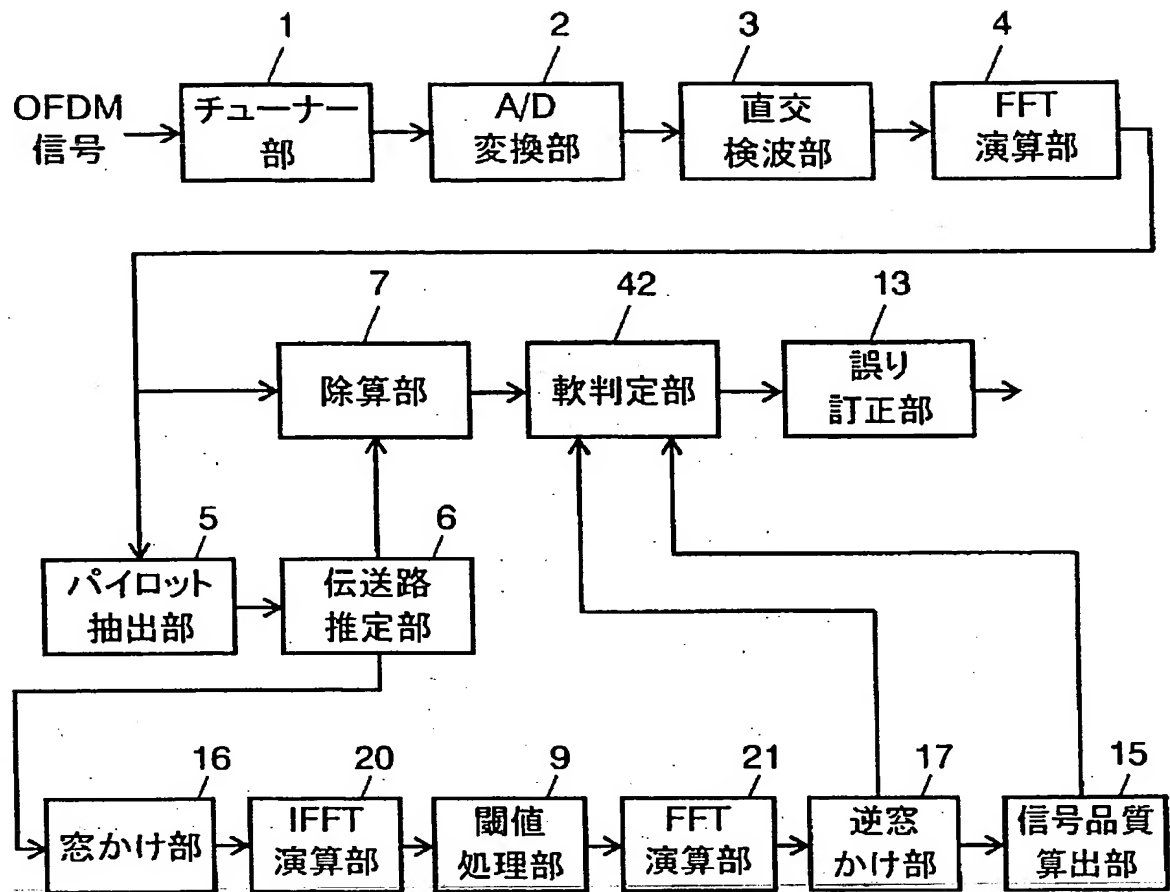
[図14]



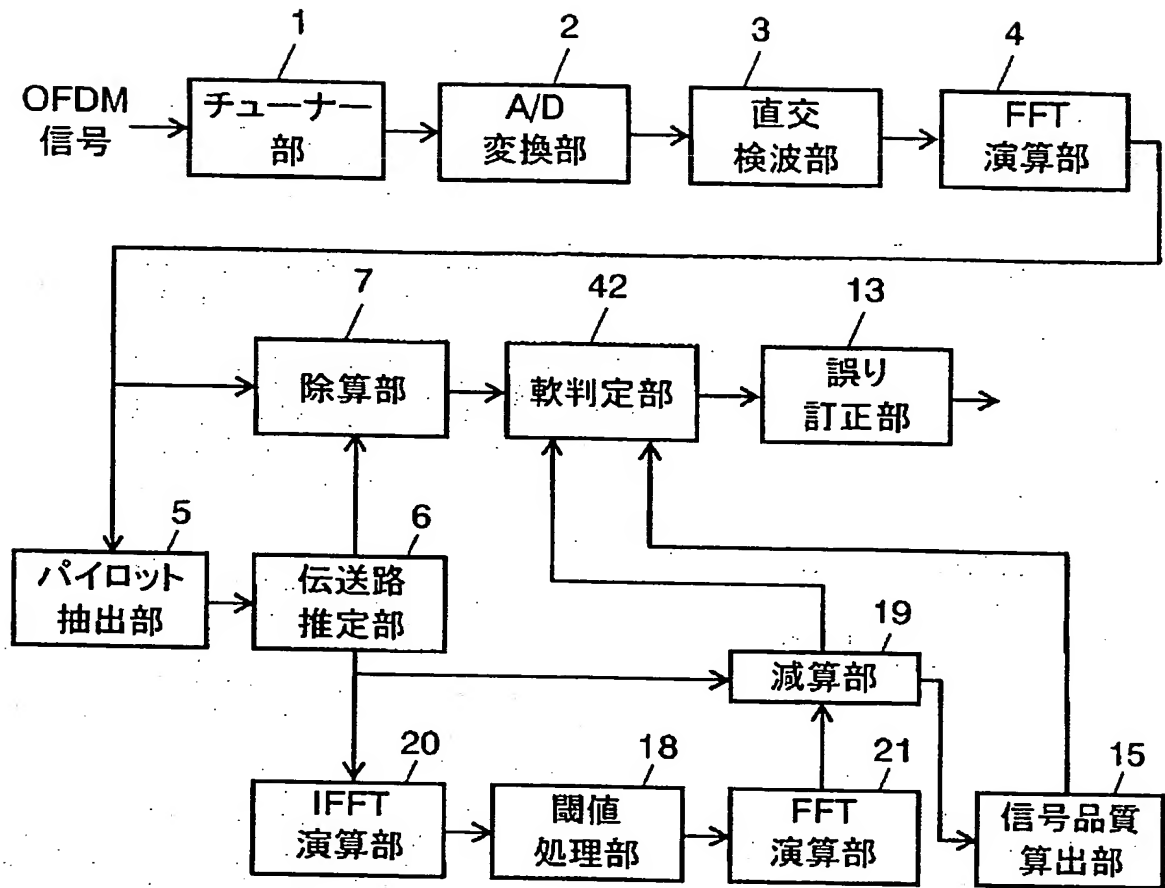
[図15]



[図16]



[図17]



[図18]

